УДК 688.518:622.276

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕМАТИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

А.А. Захарова

Институт «Кибернетический центр» ТПУ
E-mail: alen@cc.tpu.edu.ru

Предложена методика анализа цифровых моделей месторождений нефти и газа с применением тематического картирования, которое традиционно применяется в других областях. Это позволяет оперативно выполнять анализ состояния разработки месторождений и принимать решения по выбору наиболее эффективных вариантов. Методика прошла апробацию при выполнении проектов технико-экономических обоснований и пробной эксплуатации месторождений Томской области.

Проектирование месторождений нефти и газа ведется при помощи трехмерных цифровых моделей. Это является непременным требованием к компаниям, причастным к эксплуатации месторождений нефти и газа в России и в большинстве стран мир, с целью оптимизации процесса разработки и осуществления более тщательного контроля за рациональным недропользованием. Процесс моделирования и анализ полученных при этом результатов сопряжен с трудностями, связанными с большим объемом данных, значительным временным интервалом, с многофакторностью, необходимостью обрабатывать информацию в комплексе, сопоставлять картографические, или так называемые пространственные и табличные данные и т. п. [1, 2]. Часто картопостроение ограничивается набором карт, предусмотренным регламентом по созданию проектной документации, а анализ параметров разработки осуществляется при помощи средств, предоставляемых системами управления баз данных или текстовыми редакторами.

Тематическая карта – это хороший инструмент анализа пространственных данных, который позволяет специалисту сопоставлять и наглядно в комплексе представлять атрибутивную (из баз данных) и картографическую информацию. Различают тематические карты, представляющие элементы карты при помощи градиентных заливок, картограмм, картодиаграмм и т. п. Более того, часто формируют комплексные карты, когда одновременно применяют несколько форм представления информации. Тематическое картирование, преимущественно, применяют для решения географических, ландшафтных, социологических, геополитических задач, т. е. в случаях, когда исследованиям подвергается земная поверхность или же объекты, размещенные на ней. Механизм тематического картирования предоставляют пользователю географические информационные системы (ГИС) [3–6], которые в нефтегазовой геологии, как правило, применяют для планирования обустройства месторождений и контроля за транспортировкой углеводородного сырья.

На стадиях поиска, разведки и разработки месторождений нефти и газа создается ряд проектных документов и оперативно решаются различные задачи геологического и технологического характера. Так, например, для того, чтобы разведанное месторождение ввести в эксплуатацию, необходимо выполнить проект пробной эксплуатации. В рамках такого проекта создаются последовательно цифровые трехмерные геологическая и гидродинамическая модели, на их основе рассматривается ряд схем разработки, включающих различные системы расстановки скважин и режимы их работы. Это трудоемкий и длительный процесс, связанный с перебором и рассмотрением большого числа решений. От выбора схемы расстановки скважин и распределения плотности запасов в залежи зависит характер заводнения и эффективность выработки запасов.

В качестве иллюстрации на рис. 1 приведено распределение плотности остаточных запасов нефти для двух вариантов расстановки нагнетательных и добывающих скважин, полученное по результатам трехмерного моделирования в среде программного комплекса Eclipse компании Schlumberger. Слева отображены расстановки схем добывающих (круг) и добывающих (треугольник) скважин, а справа – светлым выделены зоны невыработанных запасов нефти. На рисунке видно – запасы вырабатываются неоднородно, что запрещено действующим законодательством. Поэтому для максимально полной выработки запасов осуществляется уплотнение сетки расстановки скважин – уменьшение шага между скважинами и соответственно увеличение числа скважин. При этом бурение – дорогостоящий процесс, поэтому ввод большого числа скважин влечет нерентабельность проекта.

Выше отмечалось, что процесс моделирования характеризуется многовариантностью. Поэтому с целью сокращения числа моделируемых вариантов прежде, чем приступить к формированию схем разработки, следует провести анализ исходных данных или, так называемый, препроцессинг. Специфика такого анализа заключается в пространственной группировке исходных данных, поэтому следует применять специальные методы и алгоритмы. В настоящей статье предлагается методика анализа цифровой геологической модели месторождения с применением ГИС-технологий.

Анализ плотности распределения запасов и выбора схемы расстановки скважин для последующего моделирования предлагается проводить при по-

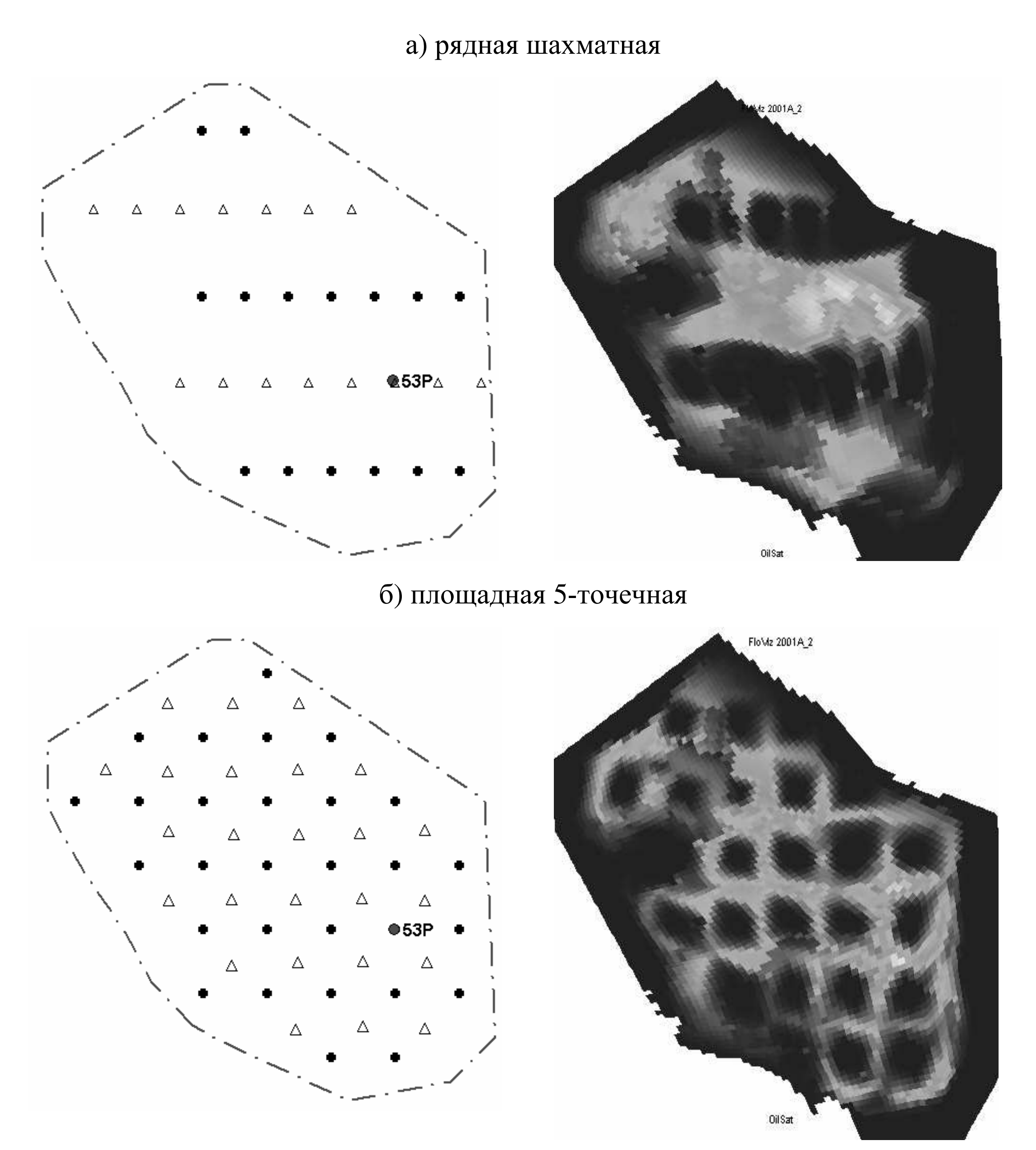


Рис. 1. *Распределение плотности остаточных запасов для трех схем разработки*

мощи тематического картографирования. При этом исходными данными являются: нерегулярная сетка расстановки скважин и регулярная сетка – распределение плотности начальных геологических запасов. Для каждой скважины внутри контура водонефтяного контакта (ВНК – область, в которой присутствуют запасы) рассчитывается зона влияния, или именуемая также полигоном Тиссена, диаграммой Вороного [7]. В результате получается множество смежных полигонов, запасы внутри которых считаем удельными на соответствующую скважину. На рис. 2 показаны рассчитанные таким образом зоны влияния, атрибутами которых в базе данных являются величины, характеризующие объем запасов в соответствующей зоне. Такие объемы запасов рассчитываются путем суммирования значений в ячейках регулярной сетки, попадающих в соответствующую зону. Тематическая карта (рис. 2 слева) в виде картограммы – раскрашенной в соответствии с атрибутом (величиной удельных запасов) зон влияния, наглядно отображает градацию по категориям зон, что позволяет выделить скважины, удельные запасы которых смогут обеспечить окупаемость затрат на бурение (рис. 2, справа).

Предложенная методика анализа нефтегазопромысловой информации при помощи такого вида тематического картирования, как картограмма, позволяет избежать многовариантного моделирования разработки месторождений за счет предварительной оценки перспективности бурения скважин (расчеты атрибутов можно выполнять с учетом фильтрационных характеристик пород, свойств

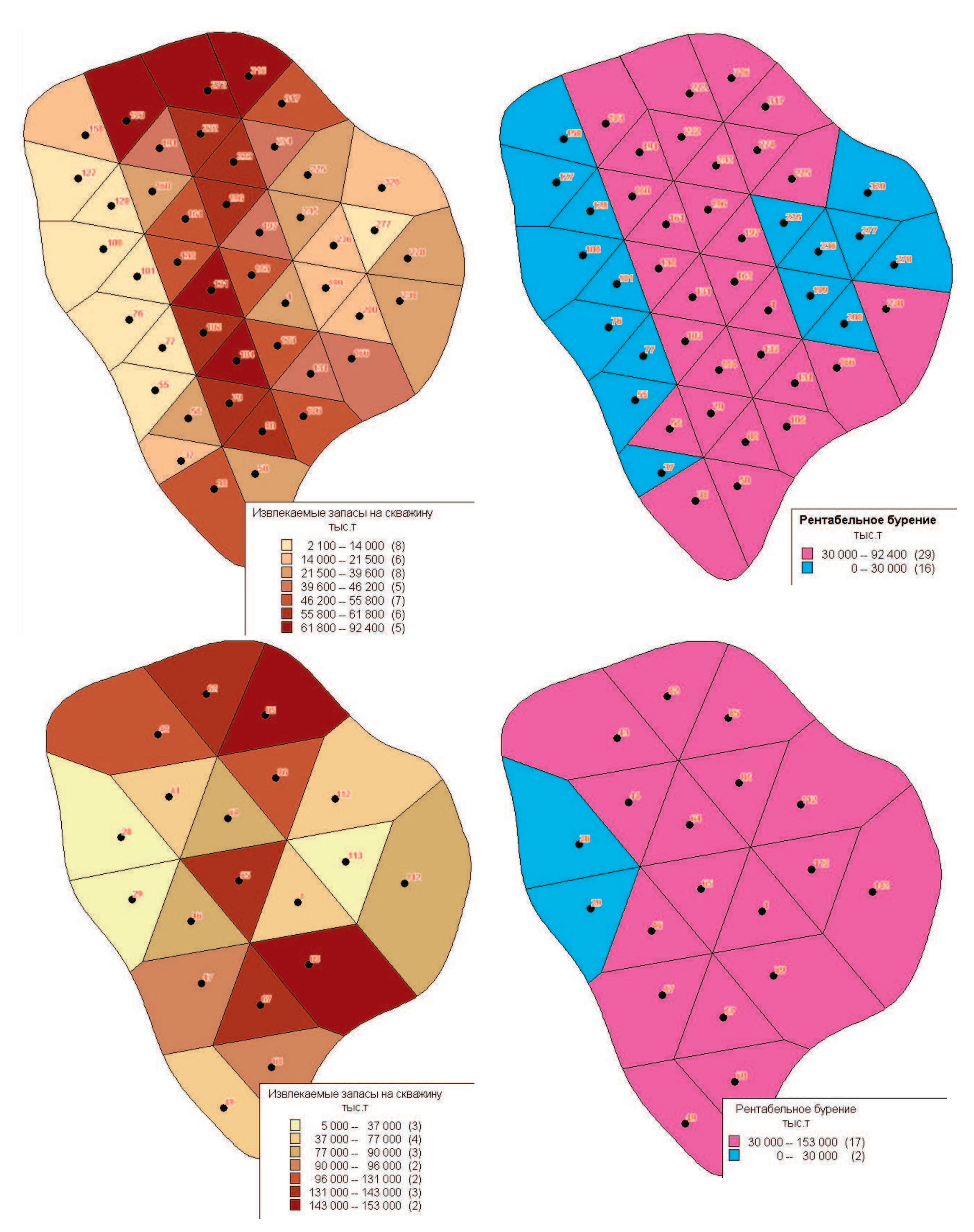


Рис. 2. *Картограммы плотности удельных запасов на скважину (слева) и выбор областей рентабельного бурения (справа) для схем бурения с различной плотностью сетки добывающих скважин*

нефти и т. д.). Более того, такие карты позволяют формировать смешанные схемы расстановки скважин – в зонах с меньшими удельными запасами прореживать схему. Описанная методика применялась при моделировании трех месторождений Томской области [8].

К тематическим картам относятся также картодиаграммы и градиентные раскраски объектов карты или регулярных сеток. На рис. 3 приведен пример картодиаграммы, когда при помощи круговых или столбчатых диаграмм отображаются значения атрибутов объектов карты, кроме того, на диаграм-

мы накладывается масштабный эффект. Так, на карте рис. 3 объектами являются нефтедобывающие скважины, каждая из которых в качестве атрибутов имеет показатели накопленной за весь период разработки нефти и воды. Картодиаграмма – круговые диаграммы отображают соотношение нефти и воды, кроме того, размер диаграмм характеризует накопленные объемы. Такая тематическая карта помогает специалисту оценить местоположение в рамках залежи высокодебитных скважин, а также степень обводненности продукции, что важно для проведения анализа разработки, в том числе – выявление, возможных заколонных перетоков, не эффективно работающих зон и т. д.

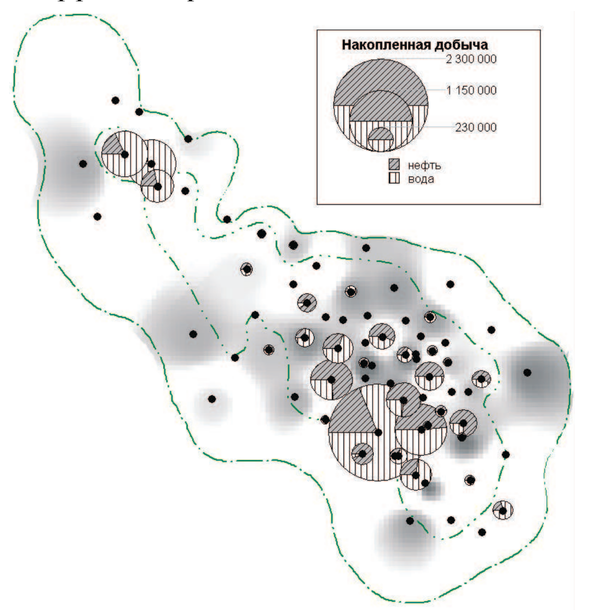


Рис. 3. *Накопленные отборы нефти и воды*

При выполнении проектной документации, как отмечалось ранее, строятся цифровые трехмерные модели месторождений. В случае, когда месторождение уже находится в промышленной эксплуатации, оно имеет так называемую историю разработки, а модель должна быть адаптирована к истории, т.е. параметры добычи, например, нефти, воды, пластового давления в модели должны максимально точно повторять соответствующие фактические показатели. Процесс создания такой модели является сложным, трудоемким и итерационным. При этом необходимо многократно оценивать качество модели, в том числе отклонения добычи (нефть, вода) по факту и на модели. При выполнении адаптации модели одного из месторождений Томской области также применялось тематическое картирование. На рис. 4 показана карта месторождения, где при помощи градиентной закраски отображался процент отклонения добычи по факту и на модели, т.е. по вычисленным значениям атрибутов в скважинах рассчитывалась регулярная сетка. Сформировав цветовую схему таким образом, чтобы белым цветом отображались ячейки сетки, где отклонения фактических и расчетных показателей не превышают ±10 %, можно на карте определить области размещения адаптированных скважин, а настройка остальной части шкалы цветовой схемы позволяет определить зоны с превышающими отборами нефти или воды, что позволяет специалисту принимать решения по способам дальнейшей адаптации модели.

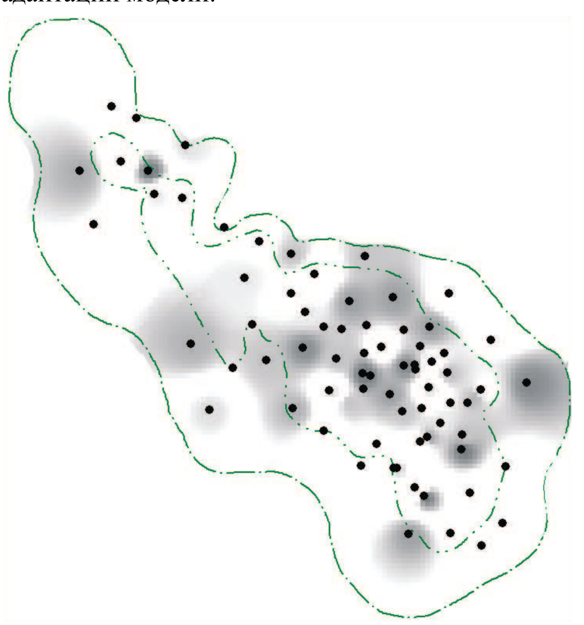


Рис. 4. *Процент отклонения добычи по факту и на модели*

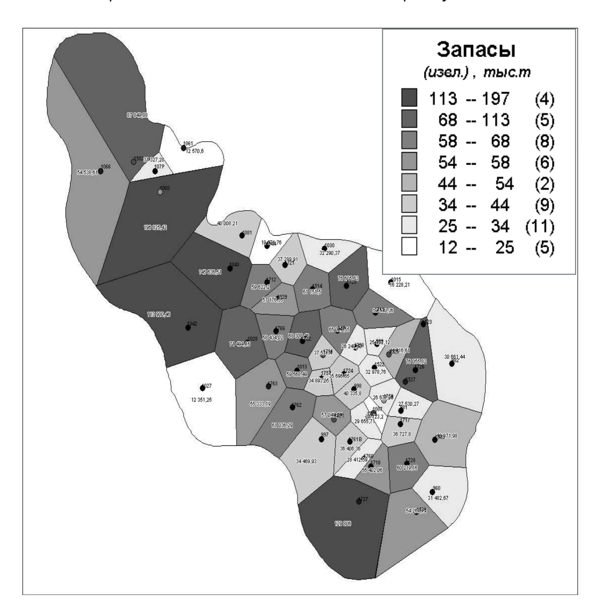


Рис. 5. *Запасы нефти в зонах влияния скважин*

Описанные выше тематические карты на основе зон влияния применялись также в процессе адаптации цифровой модели месторождения. Так, изображенные на рис. 5 и 6 картограммы характеризуют соответственно запасы и отборы нефти по зонам влияния скважин. Анализ карт путем соотношения атрибутов (рис. 5 и 6) позволил сделать вывод о неправильном распределении запасов в модели. На рис. 7 отображена картограмма, вос-

производящая светлой заливкой зоны, в которых фактические отборы превышают геологические запасы нефти, заложенные в модели, это позволило оперативно принять решение о перестроении цифровой геологической модели и выделить зоны, в которых следует перераспределить запасы.

Для реализации описанного выше тематического картирования применялось программное обеспечение геоинформационной системы MapInfo Professional (США) и алгоритмы, реализованные в рамках системы SurfMapper, разработанной в ГИС-лаборатории Томского политехнического университета [3–6]. Система реализована и функционирует в

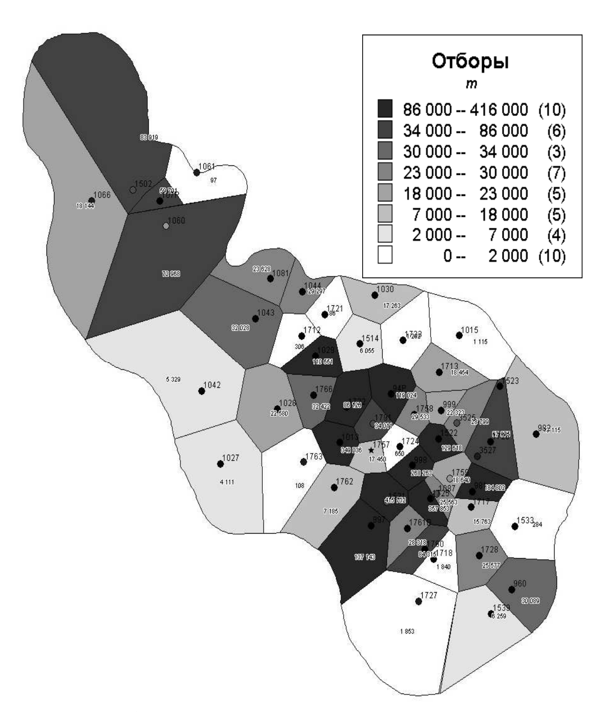


Рис. 6. *Отборы нефти в зонах влияния скважин*

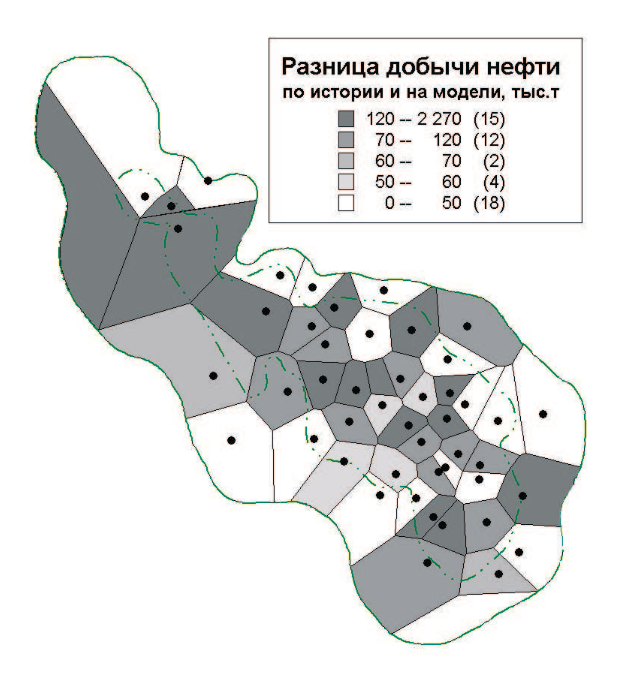


Рис. 7. *Дефицит запасов нефти по зонам влияния скважин*

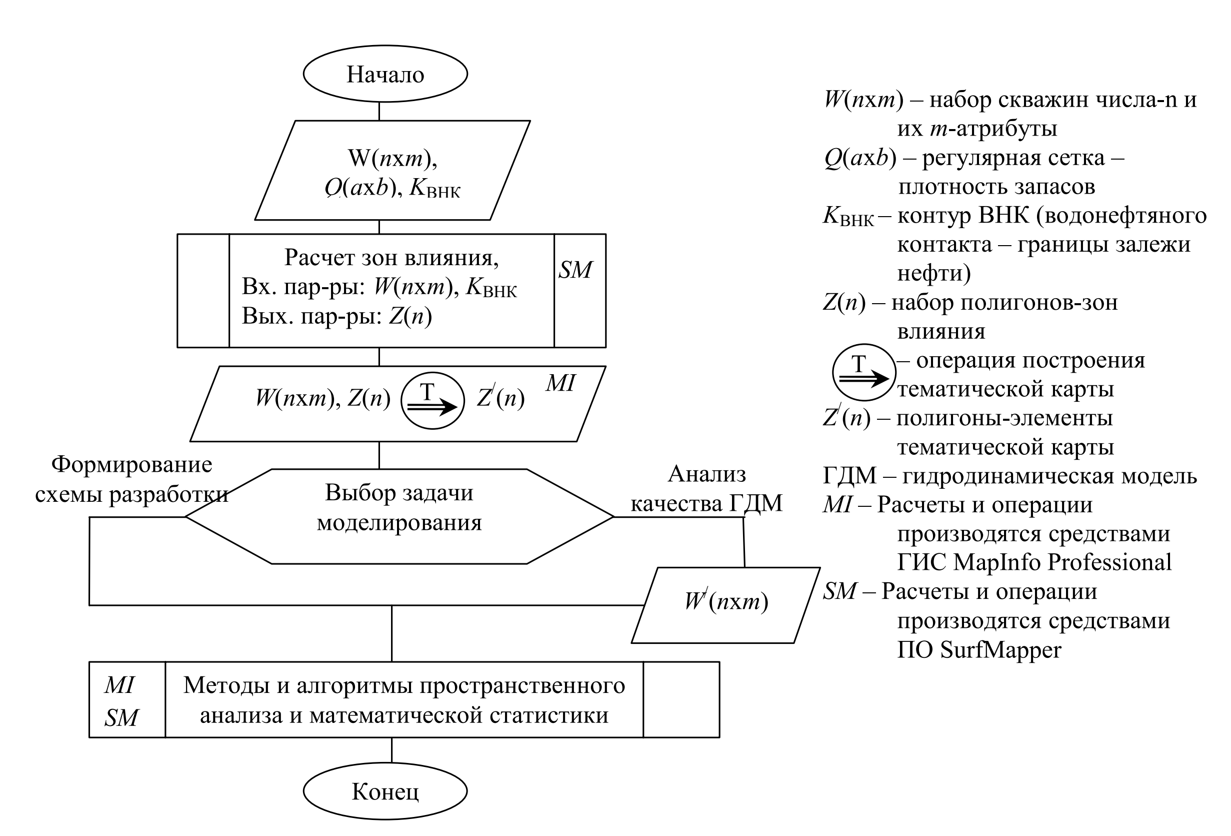


Рис. 8. *Схема алгоритма, реализующего методику анализа цифровой геологической модели месторождения*

среде базовой ГИС и является инструментом для создания технологий обработки и анализа данных.

Таким образом, в статье предложена методика анализа цифровой геологической модели месторождения углеводородного сырья с применением ГИС и программные средства для ее реализации. Для комплексного анализа предлагается создавать синтетические тематические карты, которые одновременно отображают ряд показателей модели месторождения. На рис. 8 показана схема алгоритма, реализующего описанную методику.

Таким образом, тематическое картирование позволяет эксперту анализировать одновременно несколько параметров модели и принимать обоснованные решения в процессе разработки, а опыт применения методики в реальных проектах пробной эксплуатации и технико-экономических обоснованиях коэффициента извлечения нефти позволяет ускорить и сделать более эффективным процесс гидродинамического моделирования при проектировании разработки месторождений [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 128 с.
2. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. – М.: Недра, 1982. – 408 с.
3. Марков Н.Г., Захарова А.А., Ковин Р.В., Гаряев Р.И., Черноусов М.В. Система построения тематических карт в среде ГИС MapInfo // ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий: Матер. Междунар. конф. «ИНТЕРКАРТО-4». – Барнаул, 1998. – С. 147–152.
4. Марков Н.Г., Захарова А.А., Ковин Р.В. Геоинформационные системы и технологии в геологии: тенденции развития, опыт разработки и перспективы // Инновационные методы и технологии нефтегазопоисковых работ и возможные пути их реализации в юго-восточных районах Западной Сибири: Сб. научных статей / Редкол.: Э.В. Кривошеев, В.П. Меркулов, О.М. Гафуров и др. – Томск, 2000. – С. 75–87.
5. Марков Н.Г., Ермашова Н.А., Захарова А.А. ГИС-технологии для хранения, обработки и визуализации данных гидрогеологических исследований // Геоинформатика-2000: Труды Междунар. научно-практ. конф. – Томск, 2000. – С. 180–185.
6. Марков Н.Г., Захарова А.А., Ковин Р.В. Возможности ГИС-технологий для решения задач природопользования // Загрязнение окружающей среды и управление природными ресурсами: Матер. Франко-российского семинара. – Томск, 2000. – С. 220–225.
7. Скворцов А.В., Костюк Ю.Л. Эффективные алгоритмы построения триангуляции Делоне // Геоинформатика. Теория и практика. – Томск, 1998. – Вып. 1. – С. 22–47.
8. Федоров Б.А., Останкова О.С., Чернова О.С., Захарова А.А. Применение седиментологических моделей при проектировании разработки Широтного месторождения // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 8. – С. 58–62.

УДК 550.053:510.2+550.053:681.3(571.16)